

计算动词元胞网络中的菱形对称波模式

李彬, 李琳, 杨涛

(厦门大学信息科学与技术学院 福建厦门 361005)

摘要: 计算动词元胞网络(CVCN)是一种使用计算动词局域规则的新型元胞计算平台。对于利用语言描述的高级模型来建模人类个体之间的确定与不确定性社会行为, 计算动词元胞网络是非常成功的模型。由于计算动词理论有丰富的动词规则, 因而计算动词元胞网络有多种形式。元胞网络是建模复杂系统的良好载体, 将计算动词应用于元胞网络的构建, 是解决复杂社会行为可计算化的一个行之有效的办法。计算动词元胞网络把物理语言学植入到元胞网络的局域规则中, 从而实现物理信号推理到符号推理的转变。因此只需简单的计算动词局域规则即可建模高级的社会行为。

本文提出新型的计算动词元胞网络模式——菱形对称波模式, 分为典型性和非典型性两类, 在除图像处理上有应用, 也在农业, 电子等领域有着重要的研究价值。

关键词: 计算动词元胞网络; 动词规则; 局域规则; 菱形对称波模式

中图分类号: TP3-05 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1003-6970.2015.01.003

本文著录格式: 李彬, 李琳, 杨涛. 计算动词元胞网络中的菱形对称波模式[J]. 软件, 2015, 36(1): 11-16

Rhombus Symmetrical Wave Pattern in Computational Verb Cellular Networks

LI Bin, LI Lin, YANG Tao

(School of Information Science and Engineering in Xiamen University, Xiamen Fujian 361005, China)

【Abstract】: CVCN(Computational Verb Cellular Networks)is a new computational platform using Computational Verb Theory. CVCN is a successful model when modeling unspecified behavior and specified behavior between human by advanced models of language description. Because it has abundant verb rules, CVCN includes many kinds of forms. Cellular network is the perfect carrier when modeling complex systems, and putting Computational Verb Theory into the construction of cellular network is an effective method of making complicated social behavior computable. CVCN plants physical linguistics in the cellular network local rules and realize the transform from physical signal to symbol signal. Therefore, we can use the simple computational verb local rules to model the high-level social behavior.

This paper proposed a new CVCV pattern—rhombus symmetrical wave pattern, it includes typical pattern and atypical pattern, and can be used in image processing and agriculture and electronics region.

【Key words】: CVCN; verb rule; local rule; rhombus symmetrical wave pattern

0 引言

计算动词元胞网络最早由杨涛教授在美国加州大学伯克利分校提出^[1], 详细阐述了计算动词元胞网络^[18]的结构及一致的规则。元胞网络经由局域规则来维持个体间的联系, 这些个体被定义为元胞, 元胞间直接联系的范围为每个元胞的局域规则所对应的邻域范围, 元胞网络的模式即为输出的结果。而实际上每个元胞只按照各自的局域规则改变, 只受其邻域范围内的元胞直接影响, 对于邻域外的元胞是由相邻的邻域不断传递来形成间接影响。因而局域规则是维持整个元胞网络动态演化的关键。这与人类的社会行为类似, 人类个体只会受到有关联的个体们的直接影响, 在其邻域外的个体只能通过元胞间的邻域作用的传递而产生间接影响。

计算动词元胞网络结构与元胞自动机结构相似, 中间细胞的状态会被周围细胞在每次细胞迭代中影响^[19,20]。然而, 它们又存在一些不同点, 元胞自动机的状态是有限的, 它们非 0 即 1; 而计算动词元胞网络是基于计算

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(No.61274133); 高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(No.20090121110019)

作者简介: 李彬(1989-), 女, 硕士研究生, 主要方向为图像处理, 语音识别, 数据挖掘

通讯联系人: 李琳, 副教授, 主要研究方向为语音识别, 集成电路设计, 嵌入式系统开发

动词理论并且考虑过程及细胞状态的变化。举例来说，用“increase”来表达细胞现在的状态比上一个状态更大，定义标准计算动词为{increase, stay, decrease}，利用细胞动词状态值之间的相似性和标准动词来定义细胞状态值变化程度的权重。在计算动词元胞网络中，细胞连续性的状态值即计算动词元胞网络的模式比元胞自动机的模式要丰富得多。

元胞自动机被广泛地应用在物理、生物及社会关系的模型中^[21-36]。目前，我们需要从不同方式来对物理场景进行建模。计算动词元胞网络通过将动力学系统引入到局域规则的结构中去而产生了元胞自动机^[2]。在论文^[3]中研究了一维计算动词元胞网络。在论文^[4]中讨论了三种一维计算动词元胞网络模式，分别为同质模式，棋盘模式和翻转模式。在论文^[5]中呈现出来一维计算动词元胞网络模式的分类和统计信息和右及自身影响。在论文^[6]中研究了二维计算动词元胞网络，在本文中，我们将研究一种新型的二维计算动词元胞网络模式---菱形对称波模式。

本文提出新型的计算动词元胞网络模式---菱形对称波模式，又分为典型性和非典型性两类，在除图像处理上有应用，也在农业，电子等领域有着重要的研究价值。刘文华等人^[7]发现菱形冲击波在水利研究中有着重要的科研价值，蔡秀梅等人^[8]利用菱形结构设计新型滤波模板^[37-47]，在指纹识别上有良好的应用价值，沈飞等人^[9]提出利用菱形的新型曲折线慢波结构来处理电子束，刘光鑫^[10]通过对球面菱形网格系统实现在球面菱形网格网上集成和管理中国海潮系统模型相关数据，所以菱形对称波模式的发现对研究二维计算动词元胞网络有推进式的发展。

本文的安排如下：在第一部分，为本文的研究背景及简介；在第二部分，解释二维计算动词元胞网络的原理等；在第三部分，研究典型性和非典型性菱形对称波模式计算动词元胞网络；在第四部分，得出本文的结论及展望。

1 二维计算动词元胞网络

就算动词元胞网络是局域规则是计算动词规则的细胞网络，每一个细胞只和它的邻域细胞相互直接影响^[11]。

广义的计算动词元胞网络由于存在空间变化而有很强的非线性和结构上的复杂性所以难以对其进行。我们只着力于计算动词元胞网络及它在整个网络中的邻域的空间变化，

我们用一个 $m \times n$ 的网格来表示二维计算动词元胞网络，表示第 i 行第 j 列的细胞的二维计算动词元胞网络为 C_{ij} 。假设细胞 C_{ij} 的状态是 X_{ij} 。细胞 C_{ij} 的邻域是 $N_r(i, j)$ 。对于摩尔邻域，我们设定细胞中心距离 $r=1$ ， X_{ij} 的进化过程基于计算动词规则如下：

$$\text{IF } X_{i-r, j-r} V_{-r, -r}, \text{ THEN } X_{ij}(k+1) = f_{-r, -r}(X_{ij}(k)); \quad (1)$$

⋮

$$\text{IF } X_{i+r, j+r} V_{r, r}, \text{ THEN } X_{ij}(k+1) = f_{r, r}(X_{ij}(k)); \quad (2)$$

总体的动词规则动力学系统演化方程由下式定义：

$$x_{ij}(k+1) = \frac{\sum_{C_{kl} \in N_r(i, j)} S(x_{kl}, V_{k-i, l-j}) f_{k-i, l-j}(x_{ij}(k))}{\sum_{C_{kl} \in N_r(i, j)} S(x_{kl}, V_{k-i, l-j})} \quad (3)$$

公式(2)中 V 是标准动词集 $S_v = \{\text{decrease, stay, increase}\}$ 三个标准动词，共有 $3^9 = 19639$ 种可能的组合规则。在不同的规则中， P_i , P_d , P_s 以及相似度函数中的 Δ 、 k 参数值也不同，最终导致不同的模型结果，最简单的动词相似性如下^[6, 12-14]：

$$\begin{aligned} S(\text{increase}, x(k)) &= \frac{1}{1 + e^{-\Delta x / \Delta}} \\ S(\text{decrease}, x(k)) &= \frac{1}{1 + e^{\Delta x / \Delta}} \\ S(\text{stay}, x(k)) &= \frac{2}{1 + e^{k|\Delta x|}} \end{aligned} \quad (4)$$

式中 $\Delta > 0, k > 0$ 且 $\Delta_x = x_k - x_{k-1}$ 细胞 C_{ij} 的邻域互作用函数为：

$$f_{k-i, l-j}(x_{ij}(k)) = h_p \cdot f(x_{ij}(k)) \quad (5)$$

h_p 是动词结果模型中的一个参数，

$$h_p = \begin{cases} p_i, & \text{if } V = \text{increase} ; \\ p_s, & \text{if } V = \text{stay} ; \\ p_d, & \text{if } V = \text{decrease} . \end{cases} \quad (6)$$

式中 $p_i \in R, p_s \in R$ 且 $p_d \in R$ 是三个常数。非线性输出函数是

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (7)$$

在论文[9]中提到动词矩阵 A 表示局域规则，简化来说，细胞规则可以表达为：

$$\text{IF } \{x_{kl}(k)\} A, \text{ THEN } x_{ij}(k+1) = G \cdot f(x_{ij}) \quad (8)$$

式中， G 是 G_p 的常数矩阵。

因此，当改变动词矩阵及三个影响因素的值，可以得到不同的二维计算动词元胞网络的计算动词规则。

$$A = \begin{matrix} & \text{decrease} & \text{increase} & \text{decrease} \\ \text{increase} & & & \\ & \text{stay} & & \\ & \text{decrease} & \text{increase} & \text{decrease} \end{matrix} \quad (9)$$

2 二维计算动词元胞网络菱形对称波

在之前的计算动词元胞网络研究中，都是针对随机初始来获得模式图案，本文研究创新点是在特定初始值情况下由混沌状态演化为稳态模式的情况。采取 6.24 是因为在 1 与 10 之间的一个随机的中心元胞状态值，更能有效地模拟出菱形对称波的 CVCN 模式。

试验环境：网络大小是 64×64 ，初始条件：整个网络除中心元胞状态值为 6.24 外，其他元胞状态值都为 0。

2.1 典型性二维计算动词元胞网络菱形对称波

典型性二维计算动词元胞网络菱形对称波是严格按照菱形对称模式存在的波形，通过菱形波来和邻域细胞产生相互影，形成稳定的菱形对称波。

设置动词矩阵 V 后，利用特殊值 P_i, P_s ，和 P_d 得到二维计算动词元胞网络菱形对称波。维度为 15×10 。

设置参数为 $P_i=2.79696, P_s=-9.92491, P_d=-3.85904$ ，图(1)如下所示：

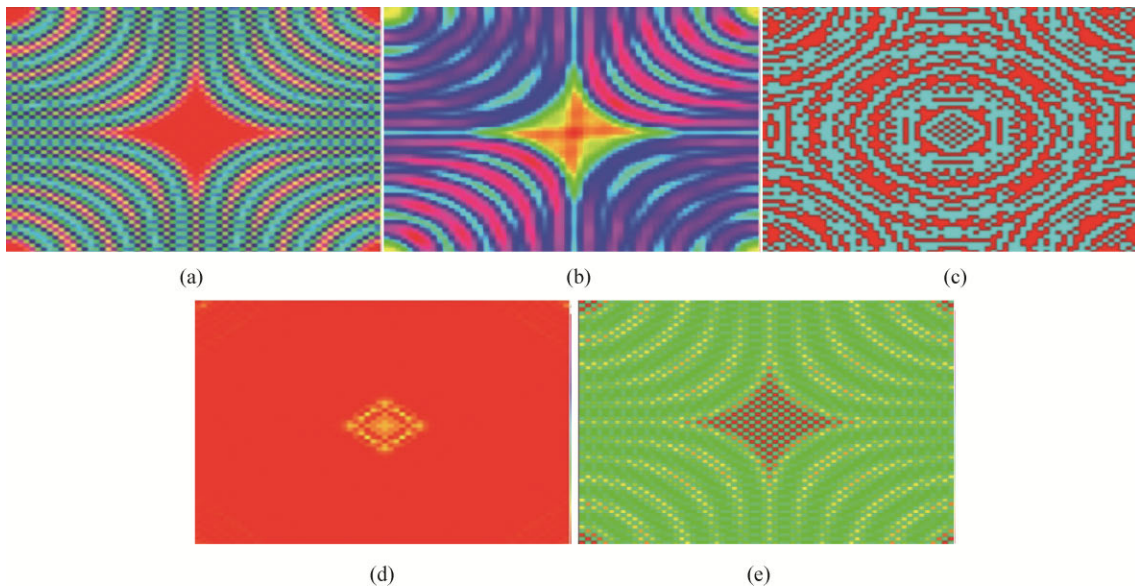


图 1 典型性菱形对称波的 CVCN 模式图，(a)为高通滤波后的视图，(b)为低通滤波后的视图，(c)为傅里叶变换相位频谱视图，(d)为傅里叶变换幅度频谱视图，(e)为普通视图

Figure 1. CVAN figure of typical rhombus symmetrical wave pattern, (a) high pass figure, (b) low pass figure, (c) FT phase spectrogram figure (d) FT magnitude spectrogram figure, (e) general view figure

产生的各项参数如表 1 和图 2 所示。在迭代次数达 2042 次时达到典型性二维计算动词元胞网络菱形对称波的图案^[15]。

2.2 非典型性二维计算动词元胞网络菱形对称波

非典型性二维计算动词元胞网络菱形对称波是相似性的按照菱形对称模式存在的波形，通过菱形波来和邻

域细胞产生相互影响。

设置动词矩阵 V 后，利用特殊值 P_i , P_s , 和 P_d 得到二维计算动词元胞网络菱形对称波。维度为 15×10 。

表 1 典型性菱形对称波的 CVCN 模式参数
Table 1 CVCN parameter of typical rhombus symmetrical wave pattern

最小值	-4.805906124487359	最大值	6.24
平均值	-1.3261402697778968	迭代次数	2042
数据示例	-4.80003 -0.00449217 -4.79827 -0.00449217 -4.79950 -0.00450579 -4.79827 -0.00450579 -4.78743		
动词矩阵	[-1 1 -1;1 0 1;-1 1 -1]		

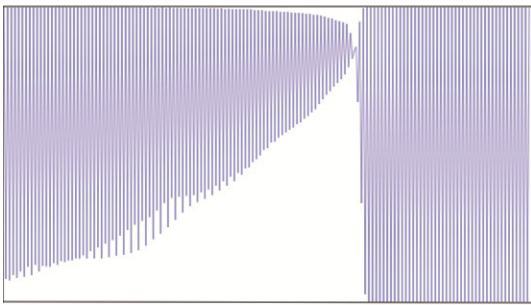


图 2 典型性二维计算动词元胞网络菱形对称波输出波形
Figure 2 output wave of typical 2D CVCN rhombus symmetrical wave pattern

设置参数为 $P_i=2.79696$, $P_s=-9.92491$, $P_d=-3.85904$, 图(2)如下所示。

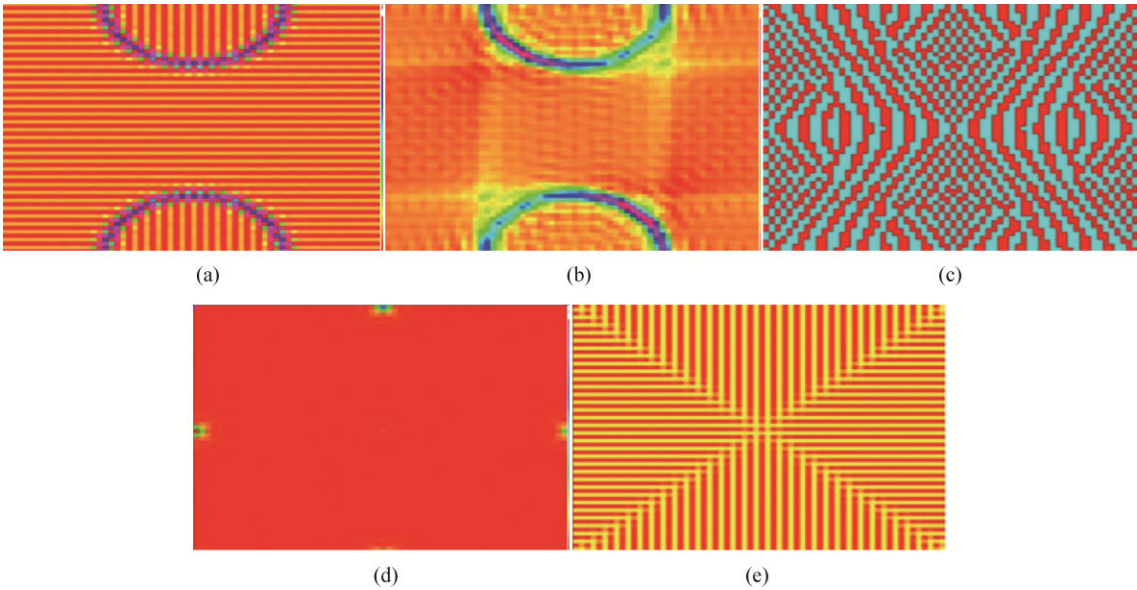


图 3 非典型性菱形对称波的 CVCN 模式图, (a)为高通滤波后的视图, (b)为低通滤波后的视图, (c)为傅里叶变换相位频谱视图, (d)为傅里叶变换幅度频谱视图, (e)为普通视图
Figure 3 CVAN figure of typical rhombus symmetrical wave pattern, (a) high pass figure, (b) low pass figure, (c) FT phase spectrogram figure (d) FT magnitude spectrogram figure, (e) general view figure

产生的各项参数如表 2.所示。在迭代次数达 2042 次时达到典型性二维计算动词元胞网络菱形对称波的图案。

表 2 非典型性菱形对称波的 CVCN 模式参数
Table 2 CVAN parameter of atypical rhombus symmetrical wave pattern

最小值	-4.801760906929794	最大值	6.24
平均值	-1.1317477521763506	迭代次数	241
数据示例	-4.79961 -0.00449751 -4.79149 -0.00449751 -4.79668 -0.00457110 -4.79149 -0.00457110 -4.73262		
动词矩阵	[-1 1 -1;1 0 1;-1 1 -1]		

非典型性二维计算动词元胞网络菱形对称波又包括扩散式和融合式，图 4 和图 5 分别体现出来两种类型的低通滤波图和高通滤波图^[16]。

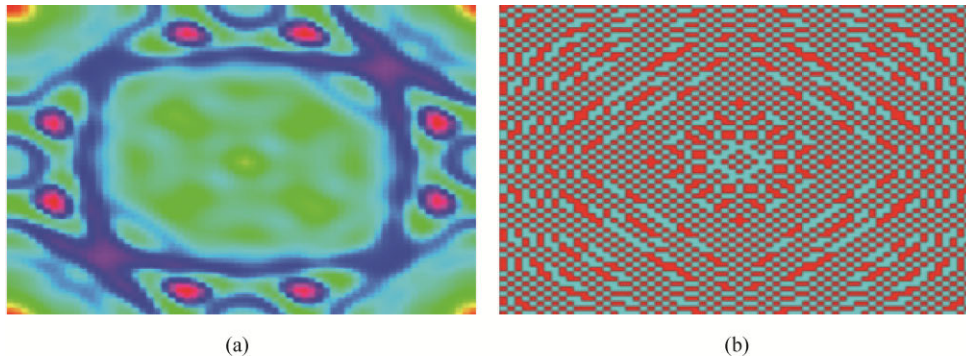


图 4 扩散式非典型性菱形对称波的 CVCN 模式图，(a)为低通滤波后的视图，(b)为傅里叶变换相位频谱图
Figure 4 CVCN figure of diffused atypical rhombus symmetrical wave pattern, (a) low pass figure, (b) FT phase spectrogram figure

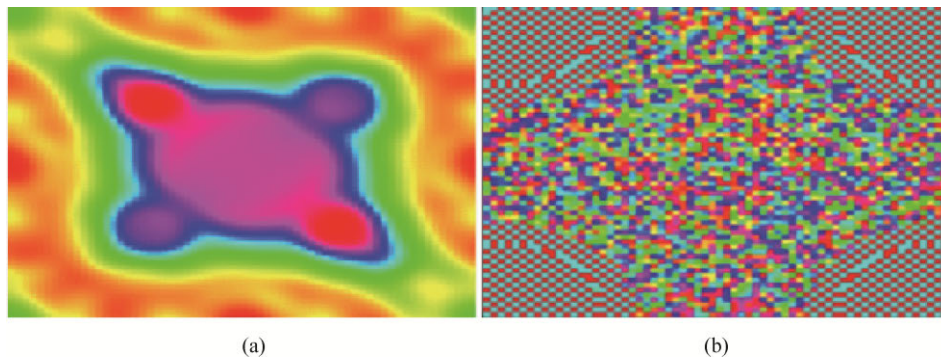


图 5 融合式非典型性菱形对称波的 CVCN 模式图，(a)为低通滤波后的视图，(b)为傅里叶变换相位频谱图
Figure 5 CVCN figure of confluent atypical rhombus symmetrical wave pattern, (a) low pass figure, (b) FT phase spectrogram figure

3 结论

在本文中，我们利用计算动词元胞网络模型对菱形对称波进行建模，有典型性和非典型性两种模式，通过简单的设置便能利用计算动词理论来计算复杂模型或图案。将非线性系统与计算动词系统联系起来对科学系统中的各种应用模型进行建模，并且今后菱形波将越来越多地应用到科学研究中。然而，利用计算动词元胞网络来建模的主要困难是模型多变，并且在相同的计算动词规则下，我们可以改变动词的权重来得到不同的菱形波或其他的可模拟的波形^[17]。

目前，二维计算动词元胞网络的研究只是在表面较浅的程度，今后的研究工作是如何通过可视化来探索形成动词元胞网络模式的特性规律。我们希望本文可以为今后的元胞网络研究提供一个方向。

参考文献

- [1] YANG Tao. Computational Verb Cellular Networks: Part II-One-Dimensional Computational Verb Local Rules [J]. International Journal of Computational Cognition. 2009.vol. 7, no. 1, pp. 35.
- [2] LIN Xiao-li, Yang Tao. Formation of Vertical Dislocation Patterns in One-dimensional Computational Verb Cellular Networks [c]// ICASID.2009.5276964, pp. 425-428.
- [3] YANG Tao.Computational verb cellular networks: Part II-One-dimensional computational verb local rules [J]. International Journal of Computational Cognition. 2009. vol. 7, no. 1, pp. 36-38.
- [4] YANG Tao. Computational verb cellular networks: Part III-Solutions of One- Dimensional computational verb cellular networks [J]. 2009. International Journal of Computational Cognition, vol. 7, no. 2, pp. 1-9.
- [5] YANG Tao. Pattern formation of One-dimensional computational verb cellular networks within parameter region [0, 1]. 2009. under graduate Thesis, Department of Electronic Engineering, Xiamen University, <http://www.yangsky.com/researches/teams/2009/EE2005/CVCN/>

ZhouLijuan/paper.pdf.

- [6] YANG Tao. Computational verb cellular networks: Part I—A new paradigm of human social pattern formation [J]. 2009. International Journal of Computational Cognition, vol. 7, no. 1, pp. 1–34.
- [7] 刘文华, 刘焕芳, 金瑾, 等. 泄槽菱形冲击波水力特性的试验研究[J]. 中国农村水利水电, 2010, (11): 111–113, 118.
- [8] 蔡秀梅, 范九伦. 两种菱形结构指纹图像方向滤波器组的设计[J]. 计算机研究与发展, 2012, 49(5): 1142–1148.
- [9] 沈飞, 魏彦玉, 许雄, 等. 140GHz菱形微带曲折线慢波结构行波管的模拟计算[J]. 强激光与粒子束, 2012, 24(1): 139–141. DOI: 10.3788/HPLPB20122401.0139.
- [10] 刘光鑫. 基于菱形离散格网的中国海潮波系统数据集成方法[D]. 赣州: 江西理工大学, 2013.
- [11] LIN Xiaoli, YANG Tao. Formation of Circumgyration Patterns in Twodimensional Computational Verb Cellular Networks [c]// 2010. ICASID.
- [12] WEN Kun and YANG Tao. Classification of Patterns Formed in Two- Dimensional Computational verb Cellular Networks [J]. 2010. International Journal of Computational Cognition, 8(4): 1–37.
- [13] WEN Kun and YANG Tao. New Patterns in Two-Dimensional Computational Verb Cellular NetWorks [C]. 2010 Anti-counterfeiting, Security, and Identification in Communication ASID. 219–222.
- [14] 杨涛. 计算动词理论及应用[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2011.
- [15] Liu Zhendong, Liu Zhengshi. Nonlinear Finite Element Method for Form-finding Analysis of Transmission Line[J]. The Journal of New Industrialization, 2013, 3(7): 50–58.
- [16] 丁宇辰. 基于边界矩和面积特征的零件图像识别方法[J]. 软件, 2012, 33(7): 148–149.
- [17] 张天刚, 张景安, 康苏明. 基于模糊隶属度的人脸图像性别识别[J]. 软件, 2012, 33(8): 28–31.
- [18] 张永田, 徐蔚然, 汪浩. 基于词激活力的自动词发现[J]. 软件, 2012, 33(12): 182–184.
- [19] 万龙静, 刘刚. 语音识别中最小音素错误特征训练的研究[J]. 软件, 2013, 34(12): 51–55.
- [20] 刘雪艳, 张雪英, 黄丽霞. Gammachirp滤波器组在语音特征提取中的应用[J]. 新型工业化, 2011, 1(11): 21–28.
- [21] 钟彩. 边缘检测算法在图像预处理中的应用[J]. 软件, 2013, 34(1): 158–159.
- [22] 吉亚泰. 基于DSP的图像采集与处理系统的研究与设计[J]. 软件, 2013, 34(2): 22–25.
- [23] 方栋林. 探究远程图像监控系统之存储子系统[J]. 软件, 2013, 34(10): 43–44.
- [24] 陈蒙. 医学X 光成像中图像去噪算法研究[J]. 软件, 2013, 34(11): 62–63.
- [25] 付勋, 宋俊德. 基于有监督Topic Model的图像分类[J]. 软件, 2013, 34(12): 253–255.
- [26] 刘闻, 别红霞. 基于蚁群算法的噪声图像边缘检测[J]. 软件, 2013, 34(12): 256–259.
- [27] 宋勇, 宋子房, 周晓华. 公路工程移动图像监控信息系统研究[J]. 软件, 2014, 35(1): 79–82.
- [28] 王华旭. Android平台图像处理软件框架的开发与设计[J]. 软件, 2014, 35(2): 46–47.
- [29] 杨燕, 刘刚, 张龙. 基于2DPCA和LDA的人脸图像预处理与RBF神经网络的人脸图像识别研究[J]. 软件, 2014, 35(2): 115–118.
- [30] 陈国强. 基于GPU的图像处理算法研究[J]. 软件, 2014, 35(2): 135–136.
- [31] 李慧玲, 张俊霞. 计算机图形图像处理与制作专业教学改革分析[J]. 软件, 2014, 35(2): 184–185.
- [32] 赵龙, 韦群. 改进ICP算法用于多组图像的点云拼接与融合[J]. 软件, 2014, 35(3): 80–85.
- [33] 陈静, 朱家明, 盛朗, 等. 基于区域信息的水平集医学图像分割[J]. 软件, 2014, 35(4): 21–23, 28.
- [34] 谢佩军. 一种基于膜计算的遗传算法图像分割方法[J]. 软件, 2014, 35(9): 80–85.
- [35] 吕慧. 关于FPGA的图像采集系统的设计研究[J]. 软件, 2014, 35(11): 91–93.
- [36] 陈小星, 陶志强. 一种基于车辆图像的Keren 配准方法的改进算法[J]. 软件, 2014, 35(12): 20–25.
- [37] 王俊, 吕英华, 杨文翰. 计算机视频还原中梳状滤波器应用[J]. 新型工业化, 2011, 1(3): 85–90.
- [38] 武飞, 柳炳利. Kalman滤波技术在地球化学数据处理中的应用[J]. 软件, 2013, 34(9): 70–74.
- [39] 朱文军, 肖建康, 祖霄鹏. 基于新型pi形谐振器的双频带带通滤波器[J]. 新型工业化, 2011, 1(8): 16–19.
- [40] 戴飞, 辛迈, 邢研杰. 基于LabVIEW2011对心音信号CWT滤波的实现[J]. 软件, 2013, 34(10): 58–59.
- [41] 高学金, 齐咏生, 王普. 基于卡尔曼滤波器和多向核主元分析的发酵过程在线监测[J]. 新型工业化, 2011, 1(9): 102–110.
- [42] 王佳飞, 张强, 彭向伟. 一种基于ZSP800核改进型LMS自适应滤波算法的实现[J]. 软件, 2013, 34(12): 139–141.
- [43] 唐羽, 马小平. 粒子滤波的SLAM 算法[J]. 新型工业化, 2011, 1(11): 17–20.
- [44] 李伟冻, 张龙. 适用于有源电力滤波器的抗混叠滤波器设计[J]. 软件, 2012, 33(1): 116–117.
- [45] 刘雪艳, 张雪英, 黄丽霞. Gammachirp滤波器组在语音特征提取中的应用[J]. 新型工业化, 2011, 1(11): 21–28.
- [46] 李丽宏, 赵娜. 卡尔曼滤波在动态汽车衡称量中的应用[J]. 软件, 2012, 33(3): 25–28.
- [47] 祖霄鹏, 肖建康, 朱文军. 新型正六边形微带多模带通滤波器[J]. 新型工业化, 2011, 1(12): 113–116.